©早稲田予備校

早稲田大学 基幹/創造/先進理工学部 物理 解答例

〔Ⅰ〕

早稲田大学より解答例が発表されておりますので、そちらをご参照ください。

〔2〕−1

問1　近日点での速さをV_p，遠日点での速さをV_aとするとケプラーの第2法則より

$$\frac{1}{2}(1-e)aV_p=\frac{1}{2}(1+e)aV_a$$

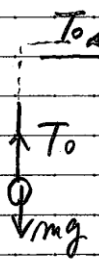
$$\frac{V_p}{V_a}=\frac{1+e}{1-e}\text{倍}$$

問2　$m\dfrac{V_p^2}{(1-e)a}$ …近日点での遠心力

$m\dfrac{V_a^2}{(1+e)a}$ …遠日点での遠心力

$$\frac{m\frac{V_p^2}{(1-e)a}}{m\frac{V_a^2}{(1+e)a}}=\frac{1+e}{1-e}\times\left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2=\left(\frac{1+e}{1-e}\right)^3\text{倍}$$

問3　小球についての半径方向のつりあいを考えて



$$2m\frac{v^2}{r}=T_0 \quad \cdots①$$

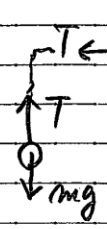
おもりについてのつりあいを考えて

$$T_0=mg \quad \cdots②$$

よって遠心力はmgと書ける

①と②より $2m\dfrac{v^2}{r}=mg$ … $v=\sqrt{\dfrac{gr}{2}}$ …小球の速さ

問4　面積速度一定の法則より　$\dfrac{1}{2}rv=\dfrac{1}{2}(r-x)V$



$$\frac{V}{v}=\frac{r}{r-x}\text{倍}$$

問5　$$\frac{2m\frac{V^2}{r-x}}{2m\frac{v^2}{r}}=\frac{V^2}{r-x}\times\frac{r}{v^2}=\frac{r}{r-x}\times\left(\frac{V}{v}\right)^2=\frac{r}{r-x}\times\left(\frac{r}{r-x}\right)^2=\left(\frac{r}{r-x}\right)^3\text{倍}$$

問6　遠心力$=2m\dfrac{V^2}{r-x}$に問4の答から$V=\dfrac{r}{r-x}v$を代入して，

$$2m\frac{V^2}{r-x}=2m\frac{1}{r-x}\left(\frac{r}{r-x}v\right)^2$$ これに問3の答$v=\sqrt{\dfrac{gr}{2}}$を代入

$$=2m\frac{1}{r-x}\cdot\frac{r^2}{(r-x)^2}\cdot\frac{gr}{2}=m\frac{r^3}{(r-x)^3}g$$ ＝＊ 次ページに続く．

〔2〕−2

$$* = m\frac{r^3}{r^3\left\{1-\left(\frac{x}{r}\right)\right\}^3}g = mg\left\{1-\left(\frac{x}{r}\right)\right\}^{-3} \approx mg\left(1+\frac{3x}{r}\right)$$

問7 小球の運動方程式 $2ma = T - mg\left(1+\frac{3x}{r}\right)$

おもりの運動方程式 $(m+\Delta m)a = (m+\Delta m)g - T$

問8 以上の2式より T を消去すると

$$(3m+\Delta m)a = g\Delta m - \frac{3mg}{r}\cdot x$$

$$\therefore\ a = \frac{1}{3m+\Delta m}\left(\Delta m - \frac{3m}{r}\cdot x\right)g$$

問9 上記より

$$a = \frac{1}{m\left(3+\frac{\Delta m}{m}\right)}\cdot m\left(\frac{\Delta m}{m} - \frac{3x}{r}\right)g$$

ここで $\frac{\Delta m}{m} \ll 1$ より $a \approx \frac{1}{3m}\cdot m\left(-\frac{3x}{r}\right)g = -\frac{g}{r}\cdot x$

$a = -\omega^2 x$ とおけば $\omega = \sqrt{\frac{g}{r}}$ となって周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$ の

単振動をすることがわかる。

ところで問8より $(3m+\Delta m)a = g\Delta m - \frac{3mg}{r}\cdot x$ において

右辺 $= mg\left(\frac{\Delta m}{m} - \frac{3}{r}\cdot x\right) = mg\left(\frac{\Delta m}{mx}x - \frac{3}{r}x\right) = -mg\left(\frac{3}{r} - \frac{\Delta m}{mx}\right)x$

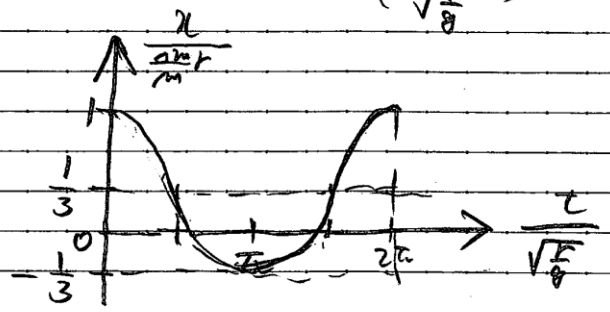
したがって $a=0$ となるつりあい位置は $\frac{3}{r} - \frac{\Delta m}{mx} = 0$ より $\frac{3}{r} = \frac{\Delta m}{mx}$

$\frac{x}{\frac{\Delta m}{m}r} = \frac{1}{3}$ として表わすことができる。

すなわち 単振動は $(x-x_0)\cos\left(\frac{t}{\sqrt{\frac{r}{g}}}\right)$

よってグラフは

(解答用紙がないのでたぶん



〔3〕-1

問1 $I = \dfrac{E - vBL}{2\lambda x}$

問2 $f_x = LIB = \dfrac{BL(E - vBL)}{2\lambda x}$

問3 $F = f_x$（$v=0$のとき）であるから $x = \dfrac{BEL}{2\lambda F}$

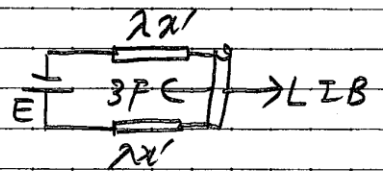
問4 消費電力のことであるから $P = \dfrac{E^2}{R}$

ここで $R = 2\lambda x$

問3より $R = 2\lambda\left(\dfrac{BEL}{2\lambda F}\right) = \dfrac{BEL}{F}$

$$P = \frac{FE^2}{BEL} = \frac{FE}{BL}$$

問5 $3F = L\left(\dfrac{E}{2\lambda x'}\right)B$



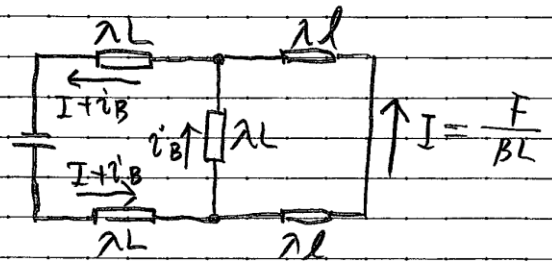
これより $x' = \dfrac{LEB}{6\lambda F}$

$\dfrac{x'}{x} = \dfrac{1}{3}$倍

問6 $W = 3Fx' = 3F \cdot \dfrac{LEB}{6\lambda F} = \dfrac{LBE}{2\lambda}$

問7 $F = LIB$より $I = \dfrac{F}{BL}$

問8



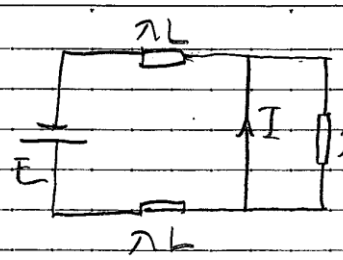
キルヒホッフの法則より $E = 2\left(\dfrac{F}{BL} + i_B\right)\lambda L + i_B \lambda L$

これより $i_B = \dfrac{EB - 2F\lambda}{2\lambda BL}$

$\therefore \dfrac{i_B}{I} = \dfrac{EB - 2F\lambda}{2F\lambda}$ 倍

〔3〕-2

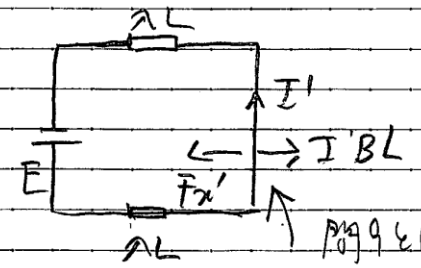
問9



$i_B = 0$ (∵キルヒホッフの法則)

ブリッジ部分には電流は流れない

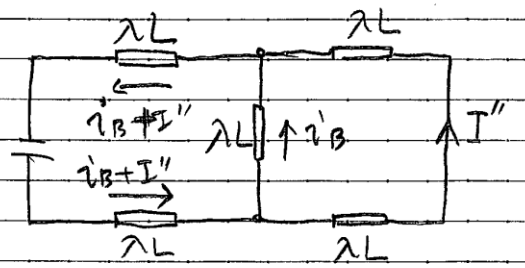
問10



$F_x = I'BL = \left(\frac{E}{2\lambda L}\right)BL = \frac{BE}{2\lambda}$

問9と同様にブリッジ部分には電流は流れない

問11



右回路でキルヒホッフの法則より

$-i_B\lambda L + I''\lambda L + I''\lambda L = 0$

$i_B = 2I''$ --①

左回路でキルヒホッフの法則より $E - 2\lambda L(i_B + I'') - \lambda L\, i_B = 0$ --②

①と②より $I'' = \frac{E}{8\lambda L}$ すると求める力の大きさは

$F'' = LI''B = \frac{BE}{8\lambda}$ 問10の答とくらべて $\frac{\frac{BE}{8\lambda}}{\frac{BE}{2\lambda}} = \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{4}$倍